UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

UN ABRÉGÉ DE DRAG, UN MODÈLE DE LA DEMANDE ROUTIÈRE, DES ACCIDENTS ET DE LEUR GRAVITÉ, APPLIQUÉ AU QUÉBEC DE 1956 À 1982

par

Marc Gaudry

CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

CASE POSTALE 6128, SUCCURSALE A, MONTRÉAL, QUÉBEC, H3C 3J7

UN ABRÉGÉ DE DRAG, UN MODÈLE DE LA DEMANDE ROUTIÈRE, DES ACCIDENTS ET DE LEUR GRAVITÉ, APPLIQUÉ AU QUÉBEC DE 1956 À 1982

par

Marc Gaudry

La construction du modèle DRAG a reçu l'appui financier de la Régie de l'Assurance Automobile du Québec en 1983 et 1984 ainsi que celui de Transports Canada en 1985 et 1986. L'ensemble des travaux a bénéficié directement de recherches financées par le Conseil de recherches en sciences humaines et par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. Depuis 1984, les résultats ont été présentés dans divers colloques et congrès en Angleterre, en France, en Allemagne, aux Etats-Unis et au Canada.

Cette étude a été publiée grâce à une subvention du Fonds F.C.A.R. pour l'aide et le soutien à la recherche.

Université de Montréal

Centre de recherche sur les transports - Publication #498
Département de sciences économiques - Cahier #8653

Novembre 1986

Dépôt légal - 4e trimestre 1986

RÉSUMÉ

Nous présentons un bref résumé de la formulation, de la structure et des résultats de DRAG, le modèle économétrique le plus considérable jamais construit pour expliquer les accidents de la route et leur gravité.

MOTS-CLEFS : modèle DRAG, demande routière, accidents, gravité, blessés, tués.

ABSTRACT

We present a brief overview of the specification, structure and results of the DRAG model of the demand for road use, accidents et their gravity. The model represents the most extensive effort ever made to explain accidents and their severity.

KEY-WORDS : DRAG model, road accidents, injuries, fatalities.

- -

SOMMAIRE

I. Caractéristiques innovatrices de DRAG 1

1. Formulation du modèle. 1

2. Estimation des paramètres. 2

3. Étendue des résultats. 3

3.1. Modèle préliminaire de ventes de carburant. 4

3.2. Le modèle DRAG et ses variantes 5

D = demande. 6

P = prix 6

M = motorisation 7

N = réseaux. 7

Y = consommateurs. 8

A = activités finales et intermédiaires. 10

ET = mesures administratives. 11

3.3. Le modèle subsidiaire du stock d'automobiles, de permis et de ventes d'alcool 11

II. Intérêt particulier de DRAG. 12

III. Bibliographie. 14

DRAG [1, 2] est le modèle économétrique le plus considérable jamais construit pour expliquer les accidents de la route et leur gravité. Nous nous proposons d'en décrire ici la structure générale, d'en souligner certaines caractéristiques significatives et de donner une idée des résultats. DRAG innove dans plusieurs domaines. Distinguons la formulation du modèle, l'estimation des paramètres, l'étendue des résultats. Nous dirons ensuite quelques mots de l'intérêt particulier de l'ensemble.

I. CARACTÉRISTIQUES INNOVATRICES DE DRAG

1. Formulation du modèle

DRAG étudie ensemble le mécanisme qui détermine la demande routière (représentée par la demande de carburants routiers) et le mécanisme qui détermine les victimes de la route. Il permet donc de mesurer d'une part l'effet de diverses variables sur l'utilisation du réseau routier et d'établir par ailleurs, s'il y en a, les effets sur la sécurité routière de ces mêmes variables (la pluie, par exemple) en distinguant ceux qui seraient dûs à un changement de la demande routière de ceux qui auraient lieu à demande routière donnée.

De plus, le mécanisme qui, à demande routière donnée, détermine le nombre de victimes de la route, est lui-même décomposé en une explication du nombre d'accidents et une explication de leur gravité définie comme le nombre de victimes par accident.

Symboliquement, la structure peut s'écrire :

$$DR \leftarrow (\ ,\ X^{dr}) \qquad \text{Demande}$$

$$\left.\begin{aligned} AC &\leftarrow (DR,\ X^{vi}) \\ GR &\leftarrow (DR,\ X^{vi}) \\ VI &= AC \cdot GR \end{aligned}\right\} \qquad \text{Performance}$$

où

DR = ventes de carburant à des fins routières,
AC = accidents,
GR = gravité (victimes/accident),
VI = victimes,
X^{dr} = ensemble des facteurs explicatifs des ventes de carburant
X^{vi} = ensemble des facteurs explicatifs de la sécurité routières

La structure complète de DRAG distingue entre deux demandes routières (mesurées par la consommation d'essence et de carburant diesel), trois classes d'accidents (suivant qu'ils comportent des dommages matériels seulement, au moins un blessé et au moins un mort) et deux mesures de gravité (soit le nombre de blessés ou le nombre de morts par accident avec dommages corporels).

2. Estimation des paramètres

DRAG utilise une innovation théorique pour corriger, dans un **modèle préliminaire de ventes de carburant,** les données fiscales du ministère du Revenu du Québec. En effet, ces données sur les ventes de carburant comprennent des composantes non-routières correspondant à des usages non-routiers des carburants (fermes, grands chantiers, etc.) ainsi que des problèmes de mesure associés à divers niveaux de fraude fiscale (par exemple lorsque l'huile à chauffage détaxée (mazout) est utilisée par les véhicules) ou d'évasion fiscale (lorsque les véhicules font le plein en Ontario si cela est plus avantageux). L'innovation théorique consiste à déterminer dans quelles conditions on peut décomposer sans biais un total observé (les ventes totales de carburants) entre ses composantes non observées (ventes à des fins routières et ventes à d'autres fins); nous préparons actuellement avec un collègue un article statistique de nature théorique sur cette question mais nous utilisons déjà la nouvelle théorie

pour obtenir dans DRAG des mesures des ventes d'essence et de diesel consommés sur les routes du Québec.

Pour estimer les paramètres du **modèle DRAG proprement dit,** nous utilisons pour la première fois sur l'ensemble des équations d'un système (le système comporte sept équations stochastiques) les formes mathématiques souples estimées simultanément avec une formulation très générale des paramètres qui spécifient la distribution des termes aléatoires des équations; cette formulation permet de tenir compte simultanément de l'autocorrélation et de l'hétéroscedasticité des résidus suivant une procédure [3] incorporée dans un logiciel documenté [4]. Cette procédure a déjà été utilisée avec succès dans une première application faite à des séries urbaines [5]. Les formes Box-Cox très générales dont il est question comprennent comme cas particuliers les cas linéaire et logarithmique usuels et permettent de comparer les résultats obtenus en laissant les données déterminer la forme mathématique du modèle à ceux qui auraient été obtenus si des formes prédéterminées avaient été utilisées.

Les mêmes méthodes d'estimation conjointe de la forme mathématique, de l'autocorrélation et de l'hétéroscédasticité sont aussi utilisées dans un **modèle subsidiaire** d'explication du stock de voitures, des permis de conduire et des ventes d'alcool au Québec. En effet, ces trois variables apparaissent elles-mêmes comme facteurs explicatifs dans le modèle DRAG proprement dit et il est utile de les expliquer séparément pour pouvoir tenir compte, comme pour la demande de carburants, d'effets indirects qui s'ajouteraient aux effets directs calculés dans le modèle DRAG proprement dit.

3. Étendue des résultats

Toutes les variables utilisées sont définies mensuellement pour le Québec dans son ensemble. L'échantillon de 313 mois consécutifs de décem-

bre 1956 à décembre 1982 permet, pour n'importe quelle équation considérée, d'explorer l'influence d'un grand nombre de facteurs - généralement une quarantaine dans le modèle dit "de référence" et davantage dans certaines de ses variantes formulées pour pousser l'exploration dans une direction ou dans l'autre.

Les facteurs explicatifs utilisés dans DRAG appartiennent aux sept catégories principales suivantes : le niveau et la composition de la DEMANDE ROUTIÈRE et des PRIX, la disponibilité ou les caractéristiques des VÉHICULES, la nature des RÉSEAUX (dont les LOIS ou réglementations gouvernementales et leur application par la police, les niveaux de SERVICE des modes de transport et les caractéristiques de l'INFRASTRUCTURE), les caractéristiques générales et spécifiques des CONDUCTEURS, le niveau ou la composition des ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES finales ou intermédiaires ainsi que les pratiques ADMINISTRATIVES de mesure et de comptabilité.

À cause de la désagrégation de la demande routière, des accidents et de leur gravité en diverses sous-catégories, le modèle de référence comprend quelques 350 paramètres estimés. Les résultats sont très riches parce que chaque facteur a des effets directs et indirects sur chaque composante de la demande, des accidents et de leur gravité. On reproduira ici simplement un abrégé des principales conclusions du modèle préliminaire de ventes de carburants, du modèle DRAG proprement dit et du modèle subsidiaire. Ces conclusions, tirées du document [1], y sont volontairement faites sans tenir compte des mises en garde et des nuances nécessaires exprimées ailleurs dans l'étude.

3.1 Modèle préliminaire de ventes de carburant

Le modèle préliminaire de ventes de carburant produit un ensemble de résultats pour une cinquantaine de facteurs appartenant à six des catégories de variables mentionnées plus haut. Dans un examen récent des modè-

les agrégés de demande de carburant qui utilisent les séries chronologiques [6], nous avons constaté qu'aucun autre modèle ne tient compte d'autant de facteurs. Comme notre intérêt porte ici sur l'analyse des accidents et de leur gravité, nous ne dirons directement à peu près rien des résultats du modèle préliminaire de demande routière (pas plus d'ailleurs que du modèle final) si ce n'est pour signaler que sa précision permet d'évaluer des effets très fins tels :

1. l'évasion fiscale, qui consiste à faire le plein de carburant en Ontario plutôt qu'au Québec, ou l'inverse si cela est avantageux, peut réduire les ventes de diesel de 15% si le prix québécois est 10% plus élevé que le prix ontarien;

2. l'utilisation de colorant rouge dans l'huile à chauffage a réduit en novembre 1981 l'importante fraude fiscale qui existait depuis l'imposition à taux réduit de l'huile à chauffage en avril 1961 et que l'ajout d'un colorant bleu en juin 1973 n'avait que partiellement enrayée. La fraude réduisait probablement les ventes de diesel de 5 à 15%;

3. les ventes de diesel sont sensibles à plusieurs activités hors-route, dont l'activité forestière, l'activité agricole et les grands travaux de génie. L'activité agricole a aussi une influence significative sur les ventes d'essence. Une hausse de 50% de ces activités implique une hausse des ventes de diesel de 18% et des ventes d'essence de 2%;

3.2 Le modèle DRAG et ses variantes

Il est utile de faire état de résultats tirés du modèle DRAG proprement dit en les regroupant suivant les sept grandes catégories de variables - et de leur sous-catégories - dont nous avons signalé l'existence plus haut.

D = demande

4. les hausses de la consommation d'essence augmentent le nombre total de morts plus que proportionnellement et le nombre de blessés moins que proportionnellement;

5. les hausses de consommation de diesel augmentent très peu le nombre total de blessés et de morts; à kilométrage comparable aux autres véhicules, les camions lourds augmentent le nombre de blessés et de morts (45%) moins que proportionnellement; en effet, à kilométrage comparable, ils font autant de blessés que les autres véhicules mais 2 fois moins de morts; ce résultat est possible parce que la faible gravité de leurs accidents compense des taux d'accidents par kilomètre plus élevés que ceux des voitures;

P = prix

6. une hausse du prix réel de l'essence de 10% réduit le nombre de blessés de 4,2% et le nombre de morts de 2,2%;

7. une hausse du prix réel du diesel de 10% réduit le nombre total de victimes de 2%; cette baisse est surtout dûe à une baisse plus que proportionnelle du nombre de morts;

8. une hausse du coût réel d'entretien des véhicules réduit proportionnellement le nombre de morts et un peu moins que proportionnellement le nombre de blessés;

9. une hausse du prix du transport en commun à Montréal augmente légèrement le nombre de victimes;

10. une hausse du coût des autres biens que le transport encourage la consommation de l'essence, dont le prix relatif a diminué, et augmente indirectement le nombre de victimes;

M = motorisation

11. les ajouts au parc de véhicules utilitaires qui fonctionnent à l'essence semblent indiquer que ces derniers sont deux fois plus utilisés que les voitures ajoutées au parc automobile existant; la structure du modèle implique alors que chaque véhicule utilitaire supplémentaire a deux fois plus d'influence sur les accidents et leurs conséquences que la voiture particulière supplémentaire;

12. malgré que les petites voitures ajoutées au parc soient en moyenne 2 fois moins utilisées que les plus grosses, une augmentation de leur part du marché augmente sensiblement le nombre de morts et un peu moins le nombre de blessés;

13. la disponibilité croissante de la ceinture et du baudrier de 1964 à 1976 a probablement augmenté le nombre de toutes les catégories d'accidents, réduit leur gravité moyenne et augmenté le nombre de blessés et de morts;

N = réseaux - réglementation , lois, police

14. la loi sur le port obligatoire de la ceinture et du baudrier conjugée à la réduction des limites de vitesse depuis 1976 a réduit le nombre de blessés de 4,9% et de morts de 2,9% : la baisse des accidents corporels a plus que compensé la hausse de la gravité des accidents qui en sont les effets;

15. la loi sur l'ivressomètre du 1er décembre 1969 a réduit le nombre de blessés de 2,9% et n'a pratiquement pas réduit le nombre de morts;

16. le régime des points de démérite du 1er mars 1973 a réduit le nombre de blessés de 11% et le nombre de morts de 2,4%;

17. le nouveau code de la route d'avril 1982 a réduit le nombre de blessés de 23,8% et le nombre de morts de 13,2%;

18. une hausse de la surveillance de la Sûreté du Québec de 10% réduit le nombre de blessés de 2,7% et le nombre de morts de 6,1%; pour la police de la Communauté Urbaine, les effets correspondants sont une hausse du nombre de blessés de 7,5% et une baisse du nombre de morts de 4,8%;

N = réseaux - temps de transport, service

19. les grèves des transporteurs publics ont des effets significatifs sur la consommation de l'essence et du diesel; les grèves du réseau complet à Montréal augmentent les victimes mais les grèves du réseau de la Ville de Québec et du service de cars de Voyageur les réduisent de manière significative, surtout les tués. Ces différences semblent imputables à des effets différents de l'augmentation de l'utilisation de l'automobile selon que cette augmentation a lieu là où il y a déjà de la congestion plutôt que là où il n'y en a pas;

N = réseaux - infrastructure, climat

20. les autoroutes haussent la consommation de carburant et le nombre des accidents mortels mais réduisent le nombre de blessés et de morts;

21. le mauvais temps réduit le nombre de morts. Les excès de température, la pluie et la neige augmentent le nombre de blessés mais l'accumulation de neige le réduit;

22. le froid augmente beaucoup les accidents matériels et réduit beaucoup les accidents mortels;

Y = consommateurs - caractéristiques générales

23. une hausse du nombre de permis de conduire par voiture réduit les accidents avec dommages matériels et le nombre de blessés; elle augmente le nombre de morts;

24. la hausse du chômage réduit la demande d'essence et, à demande d'essence donnée, le nombre d'accidents de toutes catégories et leur gravité;

25. la loi d'indemnisation des victimes de la route de juillet 1961 a augmenté le niveau des accidents matériels de 28,5%, pourcentage qui comprend sans doute une part d'effet du resserrement des procédures comptables de la police; elle a augmenté le nombre de blessés de 8% et réduit le nombre de morts de 4,7%;

26. la loi de l'assurance automobile de mars 1978 a augmenté le nombre d'accidents matériels de 11%, le nombre de blessés de 26,3% et le nombre de morts de 6,8%; le premier de ces pourcentages est peut-être un peu plus élevé que le chiffre véritable à cause des incitations accrues à se déclarer blessé plutôt qu'indemne suscitées par le nouveau régime d'assurance; le second est peut-être légèrement haussé pour les mêmes raisons;

Y = consommateurs - âge et sexe

27. la baisse de l'âge minimum pour conduire de 18 à 16 ans en juin 1962 a haussé le nombre d'accidents matériels de 14,8%, le nombre de blessés de 13,1% et le nombre de morts de 43,4%;

28. les accidents matériels et mortels ainsi que la mortalité sont très sensibles à des changements de la proportion de conducteurs entre 18 et 24 ans;

29. il y a de bonnes raisons de croire que la grossesse hausse le nombre d'accidents matériels mais réduit le nombre d'accidents corporels et le nombre des victimes. Il semble toutefois y avoir des différences importantes entre le deuxième mois de grossesse, alors qu'il y a plus de toutes les catégories d'accidents et de victimes, et les autres mois; le troisième mois, limite de l'avortement

légal, ressemble au neuvième mois où il y a moins de toutes les catégories d'accidents et de victimes;

30. plusieurs indices portent à croire que les femmes ont plus d'accidents par kilomètre que les hommes;

Y = consommateurs - ébriété et vigilance

31. une hausse du nombre d'heures travaillées par semaine dans le secteur manufacturier semble réduire le nombre d'accidents matériels de manière significative et hausser le nombre de blessés et de morts;

32. une hausse de la consommation de médicaments augmente toutes les catégories d'accidents et de victimes;

33. une hausse de la consommation totale d'alcool n'a pas d'effet sur le nombre total d'accidents ou sur le nombre de blessés; elle réduit le nombre de morts;

34. la ventilation de l'alcool par catégorie montre que le vin réduit toutes les catégories d'accidents, de gravité et de victimes; la bière hausse le nombre de morts et réduit le nombre de blessés alors que les spiritueux et le cidre font l'inverse;

35. la pleine lune semble améliorer la visibilité la nuit et réduire le nombre de victimes;

A = activités finales et intermédiaires

36. l'emploi, les ventes au détail, les vacances et les livraisons manufacturières déterminent le niveau des ventes d'essence; les ventes au détail et les livraisons manufacturières sont les indices les plus importants de la détermination du niveau des ventes de diesel à des fins routières;

37. les motifs de déplacement influencent la façon de conduire; les déplacements pour faire des achats créent proportionnellement plus

de morts que les déplacements à motif travail qui, eux, causent relativement plus de blessés, et donc de victimes, que les premiers;

ET = mesures administratives

38. l'utilisation par les corps policiers d'un nouveau rapport d'accident depuis 1978 n'a pas causé de sous-estimation significative du nombre d'accidents matériels;

39. le régime du constat à l'amiable a réduit le nombre total d'accidents matériels rapportés à la police de 18,4% et le nombre d'accidents matériels de plus de 250 $ (expliqué par le modèle) de 7,3%.

3.3 Le modèle subsidiaire du stock d'automobiles, de permis et de ventes d'alcool

Le modèle subsidiaire fait encore l'objet de travaux pour en raffiner les sources statistiques, la formulation et les résultats. Certains des résultats sont toutefois intéressants.

40. en imposant l'obligation de s'assurer, la loi sur l'assurance automobile de mars 1978 a réduit le stock de voitures particulières d'une manière statistiquement significative mais beaucoup plus faible si on l'évalue à partir d'un modèle simpliste (-0,3%) qu'à partir d'une analyse visuelle de la série qui suggère un effet 10 fois plus grand; elle a aussi augmenté le nombre de permis de conduire d'une façon difficile à détecter;

41. le prix de l'alcool, substitut aux autres biens, a atteint un niveau égal à son maximum de 1970; l'élasticité-prix suggère qu'une hausse des prix réduirait proportionnellement les ventes;

42. la loi sur l'ivressomètre de décembre 1969 a augmenté les ventes d'alcool de 4%, peut-être à cause de la publicité sur le niveau acceptable de consommation;

43. la baisse de l'âge minimum pour acheter de l'alcool en 1970 a augmenté les ventes de 7,6%;

44. la vente du vin et du cidre dans les épiceries a augmenté les ventes totales d'alcool de 0,9%;

45. l'alcool a une élasticité revenu de 0,50.

II. INTÉRÊT PARTICULIER DE DRAG

Un grand nombre des résultats de DRAG sont compatibles avec la thèse suivant laquelle les consommateurs ajustent leur comportement pour maintenir une espérance d'utilité constante lorsque les véhicules, l'environnement de conduite ou leur propre état de vigilance sont modifiés. Cette compensation peut toutefois être plus ou moins exacte parce que le consommateur ne connaît pas exactement la probabilité d'avoir un accident ou sa variance, pas plus qu'il ne connaît exactement la gravité attendue des accidents et la variabilité possible de cette gravité.

En particulier, les résultats (33) et (34) sur l'alcool suscitent un intérêt particulier de la part de plusieurs chercheurs - notamment français et néozélandais - qui auraient trouvé des résultats analogues mais ne les auraient pas publiés parce qu'ils semblaient contredire la sagesse acceptée. Nous avons trouvé ailleurs des résultats mal mis en évidence et qui vont dans le même sens. DRAG peut conduire à une réévaluation des effets de l'alcool si le point de vue qui y est développé s'impose dans les milieux de recherche : quand la consommation totale d'alcool augmente, de faibles quantités d'alcool réduisent la vitesse, et donc le nombre de morts, chez un très grand nombre de conducteurs; cet effet est plus important que la hausse du nombre de morts due à ceux qui ont trop bu, mais qui sont relativement peu nombreux.

Les résultats (29) sur la grossesse, sont sans doute nouveaux. La conjecture mise de l'avant pour les comprendre, et qui explique aussi des

données anglaises sur la hausse du risque d'accident due à la pilule anti-conceptionnelle, se prêterait à une vérification avec des micro-données. Cette conjecture est que les changements hormonaux associés à la grossesse et à l'usage des anovulants modifient la capacité d'accomplir des tâches mécaniques apprises. De tels résultats peuvent avoir des implications pour l'analyse des accidents du travail et pas seulement pour l'explication des accidents de la route.

La nature agrégée du modèle DRAG et la robustesse des résultats obtenus permettent d'isoler des corrélations entre agrégats et suggèrent des domaines où des analyses à l'aide de données plus fines pourraient permettre d'expliciter des structures causales sous-jacentes.

III. BIBLIOGRAPHIE

[1] GAUDRY, M. (1984), "DRAG, un modèle de la Demande Routière, des Accidents et de leur Gravité, appliqué au Québec de 1956 à 1982." Publication #359, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, Cahier #8432, dép. de sciences économiques, Université de Montréal. A paraître en version anglaise dans Accident Analysis and Prevention.

[2] GAUDRY, M., BALDINO, D. et LIEM, T.C. (1984), "FRQ, un Fichier Routier Québécois." Publication #360, Centre de recherche sur les transport, Université de Montréal, Cahier #8433, dép. de sciences économiques, Université de Montréal.

[3] GAUDRY, M. et DAGENAIS, M.G. (1979), "Heteroskedasticity and the Use of Box-Cox Transformations." Economics Letters 2, 3, 225-229.

[4] LIEM, T.C., DAGENAIS, M. et GAUDRY, M. (1983), "L-1.1 : A Program for Box-Cox Transformations in Regression Models with Heteroskedastic and Autoregressive Residuals." Publication #301, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, Cahier #8314, dép. de sciences économiques, Université de Montréal.

[5] DAGENAIS, M., GAUDRY, M. et LIEM, T.C. (1985), "Urban Travel Demand : The Impact of Box-Cox Transformations with Nonspherical Residual Errors." Publication #358, Centre de recherche sur les transports, Université Montréal, Cahier #8431, dép. de sciences économiques, Université de Montréal. A paraître dans Transportation Research B.

[6] BLUM, U.C., GAUDRY, M.J.I. et FOOS, G. (1986), "Aggregate Time Series Gasoline Demand Models : Review of the Literature and New Evidence for Germany." Publication #454, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, Cahier #8617, dép. de sciences économiques, Université de Montréal, Discussion paper 2/6 86, Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung, Universität Karlsruhe.